

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-57107

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

G 01 B 11/06

識別記号

庁内整理番号

7625-2F

⑭ 公開 昭和64年(1989)3月3日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全8頁)

⑮ 発明の名称 膜厚分布測定方法及びその装置

⑯ 特 願 昭62-212732

⑰ 出 願 昭62(1987)8月28日

⑱ 発 明 者 中 田 俊 彦 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑲ 発 明 者 芝 正 孝 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

膜厚分布測定方法及びその装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 多波長発振可干渉性光源からの光を、2次元的に分布した被測定膜に照射し、膜内干渉によって生じた2次元干渉パターンを $N$ 個の波長成分に波長分離してそれぞれを別個に検出し、検出された $N$ 個の波長成分に関する2次元干渉パターンの強度分布を、上記 $N$ 個の波長をパラメータとしてあらかじめ導出しておいた、膜厚と干渉パターン強度との関係に照合し、被測定膜の2次元的な膜厚分布を求めることを特徴とする膜厚分布測定方法。

2. 前記 $N$ 個の波長として3種類の波長を用いることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の膜厚分布測定方法。

3. 前記検出された $N$ 個の波長成分に関する2次元干渉パターンの強度分布を、前記多波長発振可干渉性光源の出力変動に合わせて補正するこ

とを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の膜厚分布測定方法。

4. 多波長発振可干渉性光源と、該多波長発振可干渉性光源からの光を2次元的に分布した被測定膜に照射させる照射手段と、膜内干渉によって生じた2次元干渉パターンを $N$ 個の波長成分に関する干渉パターンに分離する波長分離手段と、分離された $N$ 個の2次元干渉パターンの強度分布を個別に検出する検出手段と、検出された $N$ 個の波長成分に関する2次元干渉パターンの強度分布を、あらかじめ導出しておいた上記 $N$ 個の波長をパラメータとする膜厚と干渉パターン強度との関係に照合し、被測定膜の2次元的な膜厚分布を算出する手段とから構成されていることを特徴とする膜厚分布測定装置。

5. 前記 $N$ 個の波長として3種類の波長を用いることを特徴とする特許請求の範囲第4項記載の膜厚分布測定装置。

6. 前記検出手段が検出した $N$ 個の波長成分に関する2次元干渉パターンの強度分布を、前記多

波長発振可干渉性光源の出力変動に合わせて補正することを特徴とする特許請求の範囲第4項記載の膜厚分布測定装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 〔産業上の利用分野〕

本発明は、ホトレジスト等の膜厚測定装置に係り、特にサブミクロンオーダーの微小領域における膜厚の分布を高速・高精度に測定できる膜厚分布測定方法及び装置に関する。

#### 〔従来の技術〕

膜厚測定手段としては、従来から光の干渉と偏光を利用する2つの方式が知られている。前者は例えば第15図に示すように、まず白色光源50からの白色光51をハーフミラー52及び対物レンズ53を介して試料1'に入射させる。次に試料1'の膜内で干渉した白色干渉光54を、回折格子55、ミラー56,57及びピンホール58を介して光電子増倍管59に入射させる。ここで、回折格子55を少しずつ傾け、白色干渉光54を波長スキャニングし、各波長における干渉強度を光電子増倍管59でモニターする。

装置では照射スポット径が1mm近くもあり、サブミクロンオーダーの横分解能を得ることはできない。

以上のように、従来の膜厚測定技術は、あくまでポイントデータとしての膜厚、もしくはある大きさをもった領域の平均的膜厚しか得られなかった。

一方、半導体集積回路のパターンの微細化が進み、サブミクロンパターンが出現する今日、露光の前にウェハ上に塗布したホトレジスト膜厚の均一性がパターンの線幅制御あるいはアライメントの際のアライメントパターン検出において極めて重要な課題となっている。すなわち、ウェハ上のグローバルな膜厚均一性もさることながら、チップ内の凹凸を有する微小領域における膜厚均一性も非常に重要である。ホトレジスト膜厚の均一化を図るには、上記微小領域におけるホトレジスト膜厚分布と、回転塗布機の回転数やホトレジストの粘性、あるいはウェハチャック温度との関係を十分に把握する必要がある。

そして2つの干渉強度ピークにおける波長から膜厚を求めるわけである。

一方、後者は、エリブソメトリと呼ばれる手法であり、レーザのように空間的及び時間的にコヒーレントな光を試料に照射し、入射光と反射光の間での偏光状態の差から、膜厚及び屈折率を求めるものである。

この他、従来技術としては、特開昭59-60203号公報が知られている。

#### 〔発明が解決しようとする問題点〕

上記2つの従来技術のうち、前者の白色光の干渉を利用する方式では、対物レンズを介して試料に入射するスポット光の照明領域内の平均的膜厚しか得られず、ある任意の領域の膜厚分布を測定することはできない。仮に試料を2次元的に走査しながら、膜厚測定を行ったとしても、現状の装置では最小のスポット径が3～4μmもあり、サブミクロンオーダーの横分解能を得ることは不可能であり、また測定に多くの時間がかかってしまう。

一方、後者のエリブソメトリも同様に、現状の

本発明の目的は、サブミクロンオーダーの微小領域におけるホトレジスト等の膜厚分布を高速・高精度に測定できる膜厚分布測定方法及び装置を提供することにある。

#### 〔問題点を解決するための手段〕

上記目的は、多波長発振可干渉性光源からの光を対象とする膜に照射し、発生した2次元の干渉パターンを波長選択光学系によってN個の波長成分に関する干渉パターンに波長分離して、それぞれを2次元検出光学系により個別に検出し、干渉パターンの各点における干渉強度を、あらかじめ導出しておいた、上記N個の波長をパラメータとする、膜厚と干渉強度との関係に照合し、最終的に2次元の膜厚分布を求めることにより達成される。

#### 〔作用〕

多波長発振可干渉性光源は、膜内干渉による2次元干渉パターンをN個の波長成分について同時に発生せしめるものである。波長選択光学系は、これらの干渉パターンをN個の波長成分に波長分

離するものである。2次元検出光学系は、これらの  $N$  個の干渉パターンを2次元のまま検出するのである。検出された2次元干渉パターンの各点における干渉強度を、あらかじめ導出しておいた上記  $N$  個の波長をパラメータとする、膜厚と干渉強度との関係に照合すれば、最終的に2次元の膜厚分布が得られる。

#### 〔実施例〕

本発明の実施例を、実際のパターン付ウェハ上のレジスト膜厚分布測定を例にとり、第1図～第14図により説明する。

具体的な説明の前に、本発明の基本原理について簡単に触れる。本発明は、基本的には第1図に示すように、入射光3に対する膜2（以下ではホトレジストとする）の表面からの反射光4と、膜2・下地基板1（デポ膜に相当する）界面からの反射光5との干渉を利用するものである。複数の波長について、このレジスト膜厚  $d$  と干渉強度  $I$  との関係性を求めたのが第2図である。図より、各波長の干渉強度の値から一意的に膜厚が求まる

その像がTVモニタ20に出力される。

ビームスプリッタ17で他方の光路53に分離された干渉パターンは、それぞれ第4図(a), (b), (c)の波長特性をもつダイクロイックミラー等の波長選択ミラー21, 23, 25と、それぞれ第5図(a), (b), (c)の波長特性をもつ干渉フィルタ22, 24, 26からなる波長選択光学系により、 $N$  個の波長成分に関する干渉パターンに波長分離される。尚、本実施例では、 $N$  個の波長として3種類の波長  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  を採用した。波長分離されたこの3つの干渉パターンは、それぞれ結像レンズ18b, 18c, 18dにより2次元固体撮像素子19b, 19c, 19d上に結像される。

第6図は、各2次元固体撮像素子19b, 19c, 19dの撮像面に対応した、すなわち検出視野におけるパターン付ウェハ1'上のホトレジスト2の塗布状態を示したものである。さらに第7図(a), (b), (c)は、2次元固体撮像素子19b, 19c, 19dの撮像面上に結像した、すなわち、検出視野における3つの波長分離された各2次元干渉パターン35, 36, 37である。当然のことながら、回路パターン60の部分

ことがわかる。

第3図は本発明の一実施例を示す図である。本実施例においては、多発長発振干渉性光源10として、多発長発振  $\lambda$  レーザを使用した。 $\lambda$  レーザから出射された光11は、ビーム拡大光学系12により所望のビーム径に拡大された後、集光レンズ13を経て、ビームスプリッタ14により2つの光路50, 51に分離される。光路50に分離されたビームは対物レンズ15を介してホトレジスト2の塗布されたウェハ1'に照射する。ホトレジスト2の表面からの反射光4と、ホトレジスト2・下地基板1界面からの反射光5とが干渉し、2次元干渉パターンが発生する。この干渉パターンは、対物レンズ15で検出され、ビームスプリッタ14を通過した後、ビームスプリッタ17により2つの光路52, 53に分離される。尚、対物レンズの  $NA$  は0.6とした従って  $\lambda$  レーザの中心波長  $\lambda$  を  $0.5\mu\text{m}$  とすると、検出分解能はおよそ  $0.5\mu\text{m} \left( 0.6 \frac{\lambda}{NA} \right)$  となる。光路52に分離された干渉パターンは、結像レンズ18aにより2次元固体撮像素子19a上に結像され

とその周辺部とでは、ホトレジストの膜厚が異なるため、干渉強度も異なる。また、各干渉パターン35, 36, 37の強度分布には波長の違いによる差が明瞭に現れている。

撮像された、これら3つの干渉パターン35, 36, 37は、光電変換され、干渉パターン強度信号として前処理回路27に送られる。前処理回路27では、3つの干渉パターン強度信号が、一定周期でサンプリングされた後、AD変換され、コンピュータ28を介して外部メモリ29に格納される。

一方、ビームスプリッタ14で光路51に分離されたビームは、集光レンズ30によりホトダイオード等の光検出器31に集光され、光電変換される。光電変換された信号は、前処理回路27でAD変換され、上記外部メモリ29に格納された干渉パターン強度信号の変動補正用信号として用いられる。

本実施例では、検出された3つの波長に関する干渉パターン強度信号からホトレジスト2の膜厚分布  $d(x, y)$  を求める手段として、以下の2つの手段を採用した。

第1の手段は、まず、第3図において予めホトレジスト2の表面からの反射光4の強度 $I_1$ と、ホトレジスト2・下地基板1界面からの反射光5の強度 $I_2$ を、空気、ホトレジスト2及び下地基板1の各屈折率から求めておく。 $I_1$ 及び $I_2$ を式(1)に代入して、第8図に示すような波長 $\lambda_i$ をパラメータとする、レジスト膜厚 $d_n$ と干渉パターンの強度 $I_{ti}(d_n)$ との関係を求め、それを第9図に示すようなテーブルに変換して、外部メモリ29に格納しておく。

$$I_{ti}(d_n) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos\left(\frac{4\pi n_r d}{\lambda_i}\right) \quad \dots\dots (1)$$

但し、 $i = 1, 2, 3$

$n_r$ : ホトレジストの屈折率

従って、第6図に示した検出視野内の各位置におけるホトレジスト2の膜厚は、外部メモリ29に格納されている2次元干渉パターンの各位置の強度データを、同じく外部メモリ29に格納されている第9図に示すテーブルと照合することにより、容易に求めることができる。

例えば、第7図(a), (b), (c)において、検出視野

して、式(4)を満足する $Q$ 個の $d_n$ を求める。

$$|I_{m_2}(x_m, y_m) - I_{t_2}(d_n)|^2 \leq \beta \quad \dots\dots (4)$$

但し、 $d_n$ は $d_{p_1}, d_{p_2}, \dots, d_{p_P}$ とする。又、求められた $Q$ 個の $d_n$ を $d_{q_1}, d_{q_2}, \dots, d_{q_Q}$ とする。

次に、得られた $d_{q_1}, d_{q_2}, \dots, d_{q_Q}$ に対応する $I_{t_3}(d_n)$ を求めた後、式(5)の値 $G(d_n)$ を最小にする $d_n$ を求める。

$$G(d_n) = |I_{m_3}(x_m, y_m) - I_{t_3}(d_n)|^2 \quad \dots\dots (5)$$

但し、 $d_n$ は $d_{q_1}, d_{q_2}, \dots, d_{q_Q}$ とする。

以上の方法で得られた $d_n$ が、検出視野内の任意位置38( $x_m, y_m$ )におけるホトレジスト膜厚に相当する。従って、検出視野の全領域のホトレジスト膜厚分布を得るには、上記の処理を、各サンプル点ごとに行うればよい。

第2の手段は、まず式(1)において $I_{ti}(d_n)$ 及び $d_n$ をそれぞれ $I_{mi}(x_m, y_m)$ 及び $d$ に換えて式(6)を求める。

$$d = \frac{\lambda_i}{4\pi n_r} \cdot \cos^{-1} \left\{ \frac{I_{mi}(x_m, y_m) - I_1 - I_2}{2\sqrt{I_1 \cdot I_2}} \right\} \quad \dots\dots (6)$$

但し、 $i = 1, 2, 3$

内の任意位置38( $x_m, y_m$ )における干渉パターンの強度をそれぞれ $I_{m_1}(x_m, y_m)$ 、 $I_{m_2}(x_m, y_m)$ 、 $I_{m_3}(x_m, y_m)$ とし、第8図あるいは第9図に示すようにレジスト膜厚 $d_n$ に対応する干渉パターンの強度を $I_{t_1}(d_n)$ 、 $I_{t_2}(d_n)$ 、 $I_{t_3}(d_n)$ とすると、式(2)の値 $F(d_n)$ を最小にする $d_n$ を求めればよい。

$$F(d_n) = |I_{m_1}(x_m, y_m) - I_{t_1}(d_n)|^2 + |I_{m_2}(x_m, y_m) - I_{t_2}(d_n)|^2 + |I_{m_3}(x_m, y_m) - I_{t_3}(d_n)|^2 \quad \dots\dots (2)$$

第9図に示すテーブルを用いてこの $d_n$ を求める一方法として、本実施例では以下の方法を採用した。

まず、適当なしきい値 $\alpha$ を設定して $I_{t_1}(d_n)$ を $d_n$ の全範囲にわたって検索し、式(3)を満足する $P$ 個の $d_n$ を求める。

$$|I_{m_1}(x_m, y_m) - I_{t_1}(d_n)|^2 \leq \alpha \quad \dots\dots (3)$$

この $P$ 個の $d_n$ をそれぞれ $d_{p_1}, d_{p_2}, d_{p_3}, \dots, d_{p_P}$ とする。

次に、得られた $d_{p_1}, d_{p_2}, \dots, d_{p_P}$ に対応する $I_{t_2}(d_n)$ を求めた後、適当なしきい値 $\beta$ を設定

第7図(a), (b), (c)に示した2次元固体撮像素子19a, 19c, 19dの検出視野内の任意位置38( $x_m, y_m$ )における干渉パターンの強度 $I_{m_1}(x_m, y_m)$ 、 $I_{m_2}(x_m, y_m)$ 及び $I_{m_3}(x_m, y_m)$ をそれぞれ式(6)に代入すると、第10図に示すように、各干渉パターン強度に対して、複数個の $d$ が対応する。それぞれの $d$ の値を、 $I_{m_1}(x_m, y_m)$ については、

$$d_{m_{11}}, d_{m_{12}}, d_{m_{13}}, \dots, d_{m_{1i}}$$

$I_{m_2}(x_m, y_m)$ については、

$$d_{m_{21}}, d_{m_{22}}, d_{m_{23}}, \dots, d_{m_{2j}}$$

$I_{m_3}(x_m, y_m)$ については、

$$d_{m_{31}}, d_{m_{32}}, d_{m_{33}}, \dots, d_{m_{3k}}$$

とする。そして $i \times j \times k$ 個の組合せについて、次式の値を求める。

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= (d_{m_{11}} - d_{m_{21}})^2 + (d_{m_{11}} - d_{m_{31}})^2 + (d_{m_{21}} - d_{m_{31}})^2 \\ P_2 &= (d_{m_{12}} - d_{m_{21}})^2 + (d_{m_{12}} - d_{m_{31}})^2 + (d_{m_{21}} - d_{m_{31}})^2 \\ P_3 &= (d_{m_{13}} - d_{m_{21}})^2 + (d_{m_{13}} - d_{m_{31}})^2 + (d_{m_{21}} - d_{m_{31}})^2 \\ &\vdots \\ P_{i \times j \times k} &= (d_{m_{1i}} - d_{m_{2j}})^2 + (d_{m_{1i}} - d_{m_{3k}})^2 + (d_{m_{2j}} - d_{m_{3k}})^2 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$P_1 \sim P_{i \times j \times k}$ のうちでその値が最小となる $d$ の組

合せを見出し、その中で  $I_{m_i}(x_m, y_m)$  の値が  $I_1 + I_2$  に最も近いものを、図7(a), (b), (c)に示した検出視野内の任意位置38( $x_m, y_m$ )でのホトレジスト膜厚とする。例えば、第10図においては、理論

上真のホトレジスト膜厚  $d_r$  に対応し、 $I_{m_1}(x_m, y_m)$ 、 $I_{m_2}(x_m, y_m)$  及び  $I_{m_3}(x_m, y_m)$  に関する  $d$  の値  $d_{m_1}, d_{m_2}, d_{m_3}$  は一致し、(7)式の値は零になるはずであるが、実際には検出系のノイズ、変動等により零にはならない。その場合、第10図に示す干渉パターン強度曲線の傾きが大きい所ほど高い精度で  $d$  が検出できるため、3波長のうち傾きが最大となる、すなわち  $I_1 + I_2$  に最も近い干渉パターン強度  $I_{m_i}(x_m, y_m)$  に対応する  $d_{m_i}$  を検出視野内の任意位置38( $x_m, y_m$ )でのホトレジスト膜厚とすれば、高い測定精度が得られる。検出視野の全領域のホトレジスト膜厚分布を得るには、上記の処理を、各サンプル点ごとに実行すればよい。

第11図～第14図は、本発明の他の実施例を示したものである。

本実施例では、前述の実施例における波長選択

わち、第8図において求めるべきホトレジスト膜厚  $d_n$  が仮に  $I_{t_i}(d_n)$  の曲線の2番目のピーク位置に相当するものとする。このピーク位置での波長  $\lambda_1$  に関する干渉パターン強度は変動に対する許容量が非常に小さいため、実際には波長  $\lambda_1$  に関する干渉パターン強度データを用いてホトレジスト膜厚  $d_n$  を求めなければならない。その際、測定精度の向上を図るためには、少なくとも複数の干渉パターン強度データを用いる必要があり、本実施例ではこれを2つとし計3つ、すなわち計3種類の波長に関する干渉パターン強度データを使用したものである。また、測定する膜厚の範囲が、第8図の  $I_{t_i}(d_n)$  の曲線の最初のピーク位置よりも小さいことが明らかな場合には、その  $I_{t_i}(d_n)$  に対応する波長  $\lambda_1$  と、これよりも小さい波長の計2種類の波長に関する干渉パターン強度データだけを使用しても高い測定精度が得られる。逆に測定する膜厚の範囲が非常に大きい場合には、4種類から5種類の波長を使用することにより、高い測定精度が得られる。

光学系のかわりに、第12図に示すような回転可能な円板状の干渉フィルタ41を採用した点に大きな特徴がある。すなわち、この干渉フィルタ41は、第5図(a), (b), (c)に対応した波長特性をもつ3つの領域41a, 41b, 41cから構成されている。従って第13図の垂直走査信号に示すように、まず波長  $\lambda_1$  に対応した干渉パターンを2次元固体撮像素子19で撮像し、干渉パターン強度データをコンピュータ28を介して外部メモリ29に格納する。次に第14図に示すようにパルスモータ42により干渉フィルタ41を120°回転させた後、同様に波長  $\lambda_2$  に対応した干渉パターン強度データを外部メモリ29に格納する。次に再び、干渉フィルタ41を120°回転させた後、波長  $\lambda_3$  に対応した干渉パターン強度データを外部メモリ29に格納する。以上より得られた3つの波長に対する干渉パターン強度データに対して、前述の2つの手段を適用して、検出視野内の全領域のホトレジスト膜厚分布を得る。

尚、以上に説明した実施例において、使用する波長を3種類にしたのは、次の理由による。すな

又、以上の実施例において、検出された3種類の波長成分に関する干渉パターン強度が、多波長発振レーザーの変動によって変化する場合、該変動分に合わせて干渉パターン強度を補正する手段を付加することによって更に高精度の測定を実行することが可能になる。

以上述べたように、本発明は膜厚の分布状態を2次元固体撮像素子により、極めて短時間にN個の波長に関する2次元干渉パターンの強度分布として得るという点に大きな特徴を有しており、時間的外乱に強い測定が可能である。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明の膜厚分布測定方法及び装置によれば、従来の測定方式のようにポイントデータとしての膜厚、もしくはある大きさをもった領域の平均的膜厚ではなく、パターン付クエハ上に塗布されたホトレジストのようにサブミクロンオーダーの微小領域で変化する膜厚の分布状態を、N個の波長に関する2次元干渉パターンの強度分布測定と単純な数値計算により、高速

高精度に求めることができ、半導体製造工程において微細な回路パターンの振幅制御を容易にし、歩留り向上すなわち高い生産性と信頼性が得られるという効果を有す。

#### 4. 図面の簡単な説明

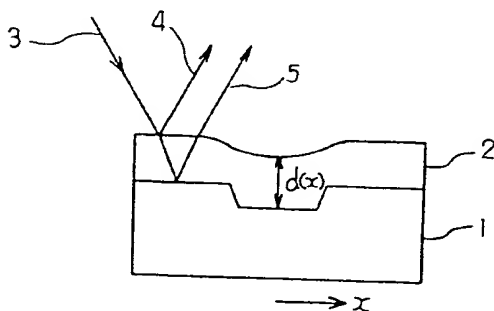
第1図は本発明の基本原理を示す図、第2図は複数の波長に関するレジスト膜厚と干渉強度との関係を示す図、第3図は本発明の一実施例の光学系を示す図、第4図は波長選択ミラーの波長特性を示す図、第5図は干渉フィルタの波長特性を示す図、第6図はパターン付ウェハ上のホトレジストの塗布状態を示す斜視図、第7図は3つの波長に関する2次元干渉パターンを示す平面図、第8図はレジスト膜厚 $d_n$ と干渉パターン強度 $I_{ii}$ ( $d_n$ )との関係を示す図、第9図は第8図に示した関係を第3図に示す外部メモリ29に格納するためのテーブルを示す図、第10図はレジスト膜厚 $d$ と検出された干渉パターン強度 $I_{mi}$ ( $x_m, y_m$ )との関係を示す図、第11図は本発明の他の実施例の光学系を示す図、第12図は第11図の光学系にお

る回転可能な円板状の干渉フィルタを示す斜視図、第13図は第12図の光学系における2次元固体撮像素子19の垂直走査信号を示す図、第14図は同じく干渉フィルタの回転のタイミングを示す図、第15図は従来例の膜厚測定装置の一例を示す図である。

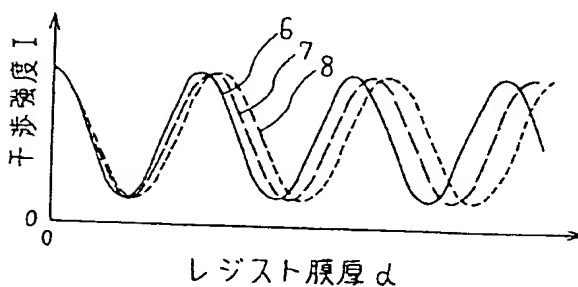
- 2 ..... ホトレジスト
- 10 ..... 多波長発振レーザー
- 19a, 19b, 19c, 19d, 19e ... 2次元固体撮像素子
- 21, 23, 25 ..... 波長選択ミラー
- 22, 24, 26, 41 ... 干渉フィルタ
- 28 ..... コンピュータ
- 35, 36, 37 ..... 2次元干渉パターン
- 50 ..... 白色光源
- 55 ..... 回折格子
- 59 ..... 光電子増倍管

代理人 弁理士 小川 勝 男

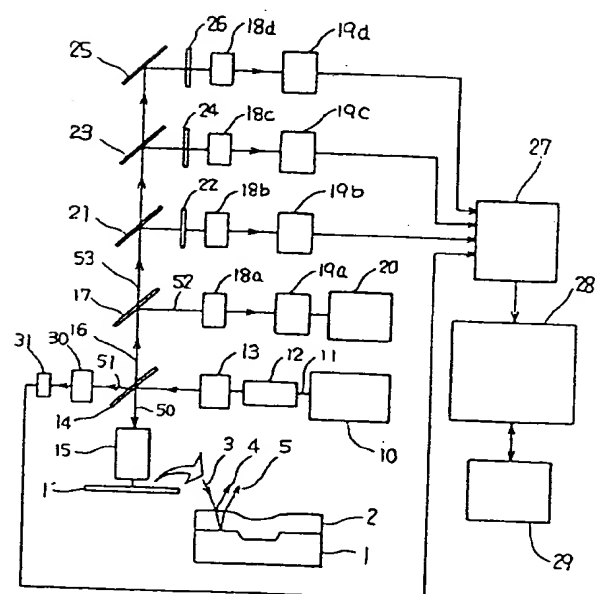
第1図



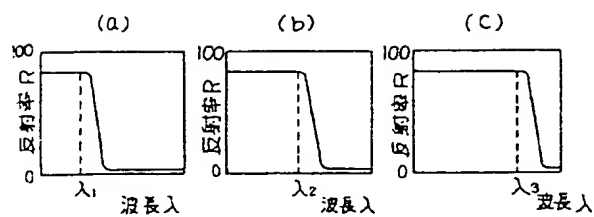
第2図



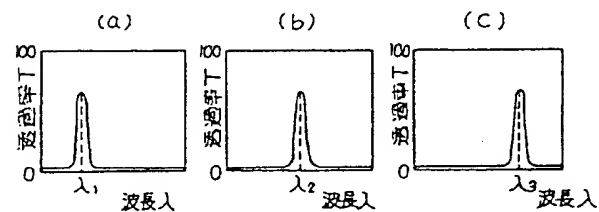
第3図



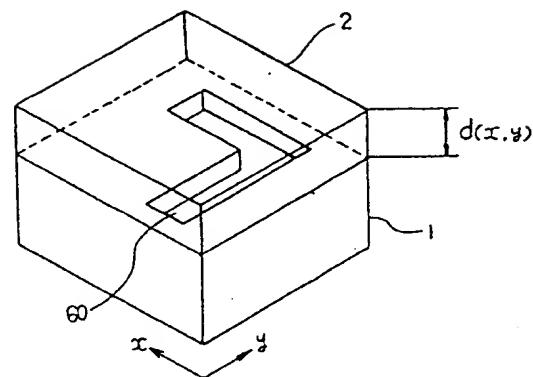
第4図



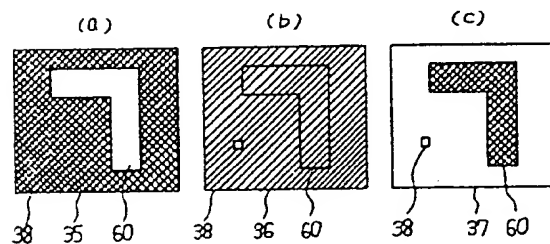
第5図



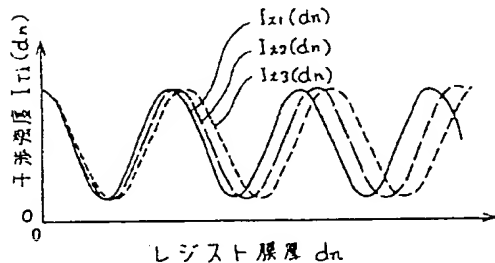
第6図



第7図



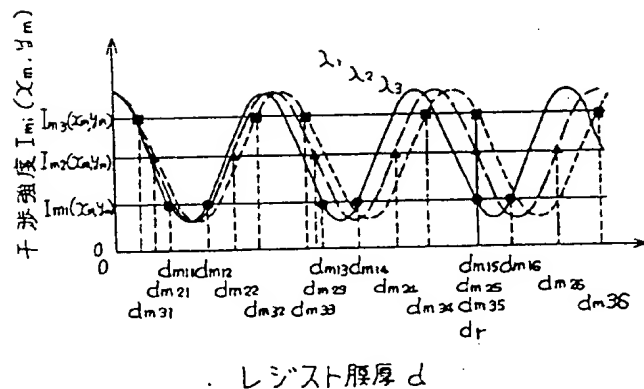
第8図



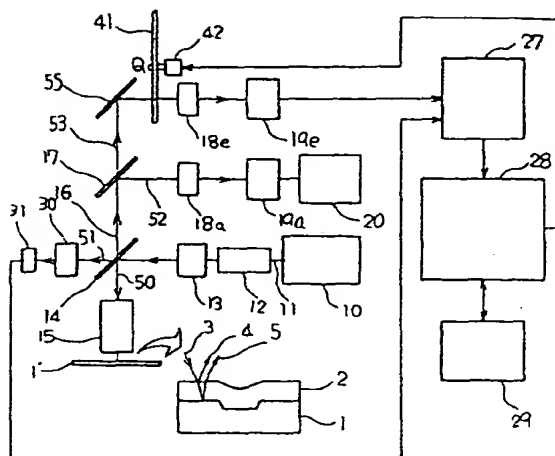
第9図

$d_n$	$I_{x1}(d_n)$	$I_{x2}(d_n)$	$I_{x3}(d_n)$
0	$I_{x1}(0)$	$I_{x2}(0)$	$I_{x3}(0)$
$d_1$	$I_{x1}(d_1)$	$I_{x2}(d_1)$	$I_{x3}(d_1)$
$d_2$	$I_{x1}(d_2)$	$I_{x2}(d_2)$	$I_{x3}(d_2)$
$d_m$	$I_{x1}(d_m)$	$I_{x2}(d_m)$	$I_{x3}(d_m)$

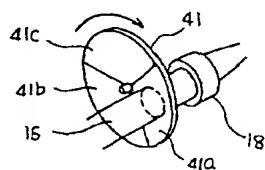
第10図



第 11 図



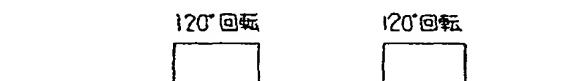
第 12 図



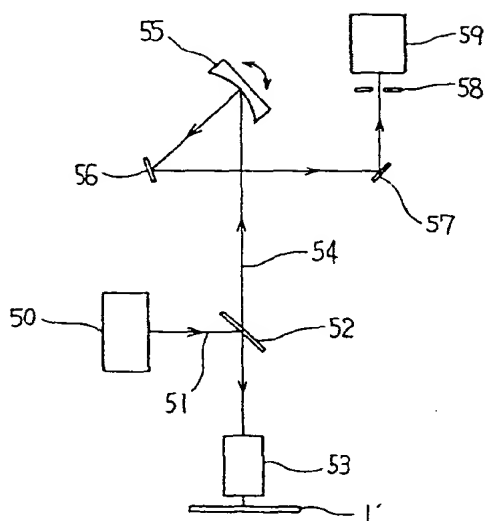
第 13 図



第 14 図



第 15 図





Sho64-57107

1. Title of Invention:

Film Thickness Distribution Measurement Method and  
Apparatus Therefor

2. What Is Claimed Is:

1. A film thickness distribution measurement method,  
comprising [the steps of] irradiating light from a  
multiwavelength oscillating interference light source  
onto a film being measured with a two-dimensional  
distribution, wavelength-dividing the two-dimensional  
interference pattern created by interference within the  
film into N wavelength components and individually  
detecting them, comparing the intensity distribution of  
the two-dimensional interference pattern related to the  
N detected wavelength components to the relationship  
between film thickness and interference pattern  
intensity that was derived beforehand with said N  
wavelengths as a parameter,  
  
and finding the two-dimensional film thickness  
distribution of the film being measured.

2.      A film thickness distribution measurement method according to claim 1, wherein three types of wavelengths are used as said N wavelengths.
3.      A film thickness distribution measurement method according to claim 1, wherein the intensity distribution of the two-dimensional interference pattern related to said N detected wavelength components is corrected to match fluctuations in the output of said multiwavelength oscillating interference light source.
4.      A film thickness distribution measurement apparatus, comprising a multiwavelength oscillating interference light source, an irradiation means for irradiating light from the multiwavelength oscillating interference light source onto a film being measured with a two-dimensional distribution, a wavelength splitter means for splitting the two-dimensional interference pattern created by interference within the film into interference patterns relating to N wavelength components, a detection means for individually

detecting the intensity distribution of the split N two-dimensional interference patterns, and a calculation means for comparing the intensity distribution of the two-dimensional interference pattern related to the N detected wavelength components to the relationship between film thickness and interference pattern intensity that was derived beforehand with said N wavelengths as a parameter and calculating the two-dimensional film thickness distribution of the film being measured

5.      A film thickness distribution measurement apparatus according to claim 4, wherein three types of wavelengths are used as said N wavelengths.
6.      A film thickness distribution measurement apparatus according to claim 4, wherein the intensity distribution of the two-dimensional interference pattern related to said N detected wavelength components is corrected to match fluctuations in the output of said multiwavelength oscillating interference light source.

Japanese → English Patent Application No.: 64-57107

Klarquist, Sparkman, LLP Ref. No. 4641-59261

[portion omitted]

[Prior Art]

Two systems have conventionally been known as film thickness measurement means; they utilize light interference and polarization. In the former, as shown in FIG. 15 for example, first, white light 51 from a white light source 50 irradiates a sample 1' via a half mirror 52 and objective lens 53. Next, white interference light 54 [created by] interference within the sample 1' film irradiates a photoelectric amplifier tube 59 via a diffraction grating 55, mirrors 56 and 57, and pinhole 58. Here, the diffraction grating 55 is inclined bit by bit, the white interference light 54 is wavelength-scanned, and the interference intensity at each wavelength is monitored by the photoelectric amplifier tube 59. Then the film thickness is found from the wavelengths at the two interference intensity peaks.

[portion omitted]

The multiwavelength oscillating interference light source is one that simultaneously creates a two-dimensional

interference pattern due to interference within the film for N wavelength components. The wavelength selection optical system is one that divides these interference patterns into N wavelength components. The two-dimensional detection optical system is one that detects these N interference patterns in a two-dimensional state. If the interference intensity at each point in a detected two-dimensional interference pattern is compared to the relationship between film thickness and interference intensity that was previously derived with the aforesaid N wavelengths as a parameter, ultimately the two-dimensional film thickness distribution can be obtained.

*[portion omitted]*

FIG. 3 is a drawing showing one embodiment of the present invention. In this embodiment a multi-oscillating Ar laser is used as the multiwavelength oscillating interference light source 10. Light 11 emitted from the Ar laser is widened to the desired beam diameter by a beam widening optical system 12, then passes through a convergence lens 13, and is split into two light paths 50

and 51 by a beam splitter 14. The beam split onto the light path 50 passes through an objective lens 15 and irradiates a wafer 1' coated with a photoresist 2. Reflected light 4 from the surface of the photoresist 2 and reflected light 5 from the boundary between the photoresist 2 and a base substrate 1 interfere and create a two-dimensional interference pattern. This interference pattern is detected by the objective lens 15; it passes through the beam splitter 14 and then is split into two light paths 52 and 53 by a beam splitter 17. Furthermore, the objective lens' NA is 0.6. Therefore, if the central wavelength  $\lambda$  of the Ar laser is 0.5  $\mu\text{m}$ , the detection resolution is about 0.5  $\mu\text{m}$  ( $0.6 \lambda/\text{NA}$ ). The interference pattern split onto the light path 52 is focused on a two-dimensional solid-state imaging element 19a by a focusing lens 18a, and then is output to a TV monitor 20.

The interference pattern split onto the other light path 53 by the beam splitter 17 is wavelength-divided into interference patterns pertaining to N wavelength components by a wavelength selection optical system consisting of

wavelength selection mirrors 21, 23, and 25, which are dichroic mirrors or the like and have the wavelength characteristics shown in FIGS. 4(a), (b), and (c) respectively, and interference filters 22, 24, and 26, which have the wavelength characteristics shown in FIGS. 5(a), (b), and (c) respectively. Furthermore, this embodiment uses three types of wavelengths -  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  - as the N wavelengths. These three wavelength-divided interference patterns are focused on two-dimensional solid-state imaging elements 19b, 19c, and 19d by focusing lenses 18b, 18c, and 18d respectively.

FIG. 6 shows the coating state of the photoresist 2 on the patterned wafer 1' corresponding to the focus plane of each two-dimensional solid-state imaging element 19b, 19c, and 19d, i.e. in the detection field of view. In addition, FIGS. 7(a), (b), and (c) are each of the three wavelength-divided two-dimensional interference patterns 35, 36, and 37 focused on the focus plane of each two-dimensional solid-state imaging element 19b, 19c, and 19d, i.e. in the detection field of view. Of course, the thickness of the

Japanese → English Patent Application No.: 64-57107

Klarquist, Sparkman, LLP Ref. No. 4641-59261

photoresist film is different at the circuit pattern 60 portion and its surrounding parts, so the interference intensity also differs. Also, differences due to wavelength differences appear clearly in the intensity distribution of each interference pattern 35, 36, and 37.

These three focused interference patterns 35, 36, and 37 are photoelectrically converted and sent to a preprocessing circuit 27 as interference pattern intensity signals. The preprocessing circuit 27 samples the three interference pattern intensity signals at a fixed cycle, after which they are AD converted, pass through a computer 28, and are stored in an external memory 29.

*[portion omitted]*

In this embodiment, the following two means are employed as means for finding the film thickness distribution  $d(x,y)$  of the photoresist 2 from the interference pattern intensity signals relating to the three detected wavelengths.

The first means is to first find in advance the intensity  $I_1$  of reflected light 4 from the surface of the



photoresist 2 and the intensity  $I_2$  of reflected light 5 from the boundary between the photoresist 2 and base substrate 1 based on the refractive indices of air, photoresist 2, and base substrate 1.  $I_1$  and  $I_2$  are substituted in equation (1) and wavelength  $\lambda_i$  becomes a parameter as shown in FIG. 8. The relationship between resist film thickness  $d_n$  and interference pattern intensity  $I_{ti}(d_n)$  is found, this is converted into a table as shown in FIG. 9, and is stored in the external memory 29 in advance.

[See equation (1) from page 52]

where  $i = 1, 2, 3$

$n_r$ : refractive index of photoresist

Therefore, the film thickness of the photoresist 2 at each location in the detection field of view shown in FIG. 6 can easily be found by comparing the intensity data for each position in the two-dimensional interference pattern stored in the external memory 29 with the table shown in FIG. 9 and similarly stored in the external memory 29.

[portion omitted]

The second means is to first convert  $I_{ti}(d_n)$  and  $d_n$  in equation (1) into  $I_{mi}(x_m, y_m)$  and  $d$  respectively, and find equation (6).

*[See equation (6) from page 52]*

where  $i = 1, 2, 3$

When intensities  $I_{m1}(x_m, y_m)$ ,  $I_{m2}(x_m, y_m)$ , and  $I_{m3}(x_m, y_m)$  for the interference patterns at an arbitrary location 38  $(x_m, y_m)$  in the detection field of view of two-dimensional solid-state imaging elements 19b, 19c, and 19d shown in FIGS. 7(a), (b), and (c) are respectively inserted in equation (6), a more than one  $d$  corresponds to each interference pattern intensity, as shown in FIG. 10. The respective values of  $d$  are:

$d_{m11}, d_{m12}, d_{m13}, \dots d_{m1i}$  for  $I_{m1}(x_m, y_m)$ ,

$d_{m21}, d_{m22}, d_{m23}, \dots d_{m2j}$  for  $I_{m2}(x_m, y_m)$ ,

$d_{m31}, d_{m32}, d_{m33}, \dots d_{m3k}$  for  $I_{m3}(x_m, y_m)$ .

Then the following equation values are found for  $i \times j \times k$  combinations.

*[See equation (7) from page 52]*

Japanese → English      Patent Application No.: 64-57107

Klarquist, Sparkman, LLP      Ref. No. 4641-59261

The combination in  $F_1 \sim F_i \times j \times k$  that produces the smallest  $d$  is found, and in this the value of  $I_{mi}(x_m, y_m)$  that is closest to  $I_1 + I_2$  is to become the photoresist film thickness at the arbitrary location 38  $(x_m, y_m)$  in the detection field of view shown in FIGS. 7(a), (b), and (c).

[portion omitted]

\* \* \*

While all translations are carefully prepared and reviewed, please note that liability for incidental or consequential damages occasioned by omissions, additions, or differences of interpretation shall not exceed the translation fee.

